

LE rH2 DU SOL ET LA RÉPARTITION  
DES VÉGÉTAUX HALOPHILES  
DANS LES PRÉS-SALÉS. II

Par J.-M. TURMEL

Dans une première note j'ai montré quelle était la répartition de *Spartina stricta*, *S. townsendi* et de *Salicornia herbacea* en fonction du rH2 du sol. En juin 1965 j'ai repris cette étude en l'étendant à 27 espèces vivant dans les prés salés et sur leurs bords.

Sur les côtes de la Manche et de l'Océan Atlantique où les marées sont importantes, il est facile de voir que les espèces halophiles qui peuplent ces prés-salés sont groupées par niveaux en fonction de la durée d'immersion.

MASSART (1907) distinguait deux niveaux : à la partie inférieure la *slikke* sans végétation inondée à toutes les hautes mers même celles de morte-eau et au-dessus le *schorre* submergé seulement aux marées de vive eau, recouvert d'un tapis végétal abondant. JACQUET (1949) ajoute un terme intermédiaire « la haute slikke » sorte de zone moyenne formant transition avec le *schorre*, qui n'est pas inondée à toutes les marées hautes et qui peut posséder une végétation assez fournie.

À la partie tout à fait supérieure du *schorre* la nature du sol influe très nettement sur la composition du tapis végétal. À ce niveau élevé, quand le sol est sableux on a *Franckenia laevis* L., *Agropyrum pungens* R. et Sch., *Spergularia marginata* Kittel, *Festuca dumetorum* L., *Lepturus cylindricus* (Wild.) Trin. et *Artemisia maritima* L. Quand le sol est rocailleux on trouve surtout à ce niveau *Salicornia fruticosa* L., *Suaeda fruticosa* (L.) Forsk. (presque exclusivement sur la côte atlantique au-dessous de la pointe de Bretagne), *Inula crithmoides* L. et *Beta maritima* L. Ce niveau n'est qu'exceptionnellement recouvert par la mer (quelques heures par mois) uniquement par les fortes marées de vive eau. Toujours à un niveau très élevé *Cochlearia anglica* L., *Juncus maritimus* Lmk., *J. gerardi* Lois., *Triglochin maritimum* L., *Carex extensa* Good. et *Scirpus maritimus* L. sont localisées dans les suintements d'eau douce plus ou moins importants. La durée d'immersion est ici très légèrement plus courte que pour les deux groupes précédents mais le facteur prépondérant est la présence continue d'eau dans le sol.

Le peuplement intermédiaire, le *schorre* proprement dit, correspond au niveau des hautes mers moyennes de vive eau ; il peut être recouvert 15 jours consécutifs par mois. Les plantes qui s'y localisent sont : *Statice armeria* L., *Aster tripolium* L., *Plantago maritima* L., *Glyceria maritima*

(Huds.) Wahlg., *Limonium vulgare* Miller et *Obione portulacoides* (L.) Moq.

Le niveau inférieur de la végétation, la haute slikke, est atteint par les deux tiers des marées ; « la végétation du sommet de la slikke peut ainsi rester complètement émergée pendant une durée de un à six jours deux fois par mois » (CORILLON). Le peuplement végétal est composé par : *Suaeda maritima* (L.) Dumort, *Salicornia herbacea* L., *Spartina townsendi* Groves, *Salicornia radicans* S.M. et *Spartina stricta* Roth.

Ces niveaux ont une ampleur d'autant plus importante que le « niveau moyen » dans le lieu considéré est plus grand. D'autre part, plus les pentes sont faibles plus ces divers tapis végétaux couvrent de grandes étendues. Les deux phénomènes combinés font par exemple qu'en baie du Mont Saint Michel les associations du schorre couvrent des centaines d'hectares ; dans d'autres régions tout au contraire la succession s'établit sur quelques mètres carrés à peine.

Je me suis servi d'un pH-mètre Ponselle adapté aux mesures directes de rH2 avec deux électrodes : une de référence au calomel et une de platine régulièrement abrasé après chaque mesure car certains auteurs ont constaté que l'électrode de platine poli garde en « mémoire » le rH2 des mesures précédentes.

Ces mesures furent faites, comme le préconisent beaucoup d'auteurs, *in situ* vers 10 cm de profondeur, là où le chevelu des racines est le plus dense. Le sol est ameubli, ordinairement sous une petite quantité d'eau (distillée ou non les résultats sont semblables) pour faciliter la pénétration des électrodes et assurer leur parfait contact avec le sol ; chaque mesure durant moins d'une minute cet apport allogène d'eau ne modifie en rien l'équilibre moléculaire et les mesures du rH2 ce qui ne serait pas exact si l'on attendait plus longtemps.

Deux cent quarante et une mesures ont été faites sur les côtes de la Manche : Sannelles (Calvados), Coquebourg, Saint Vaast, Barneville, Portbail, Surville, Créances, Agon, Bas-Courtils (Manche). Cinq cent vingt mesures sur la côte atlantique à Plouharnel (Morbihan), Mesquer, Pentès, Sissables (Loire Atlantique) et Talmont (Vendée). Les 761 mesures étant effectuées dans des peuplements, j'ai pu obtenir pour chaque espèce un assez grand nombre de résultats qui furent groupés dans des « intervalles » ayant une valeur d'une demi-unité de rH2. J'ai ainsi pu réaliser pour chacune de ces espèces une étude statistique qui fut basée d'une part sur les fréquences naturelles et d'autre part sur les fréquences pondérées ; pondérées par le degré de présence de l'espèce et cela pour chaque mesure considérée. Ce degré de présence va de la plante presque exclusive (TTA quand cette dernière recouvre au moins 75 % du sol), à la plante très très rare (TTR recouvrant moins de 1 % du sol). Les coefficients adoptés ici, tant pour les relevés phytogéographiques que pour pondérer les résultats statistiques, sont les suivants :

TTR	1 %	A	25 %
TR	2 %	TA	50 %
R	5 %	TTA	75 %
+	10 %		

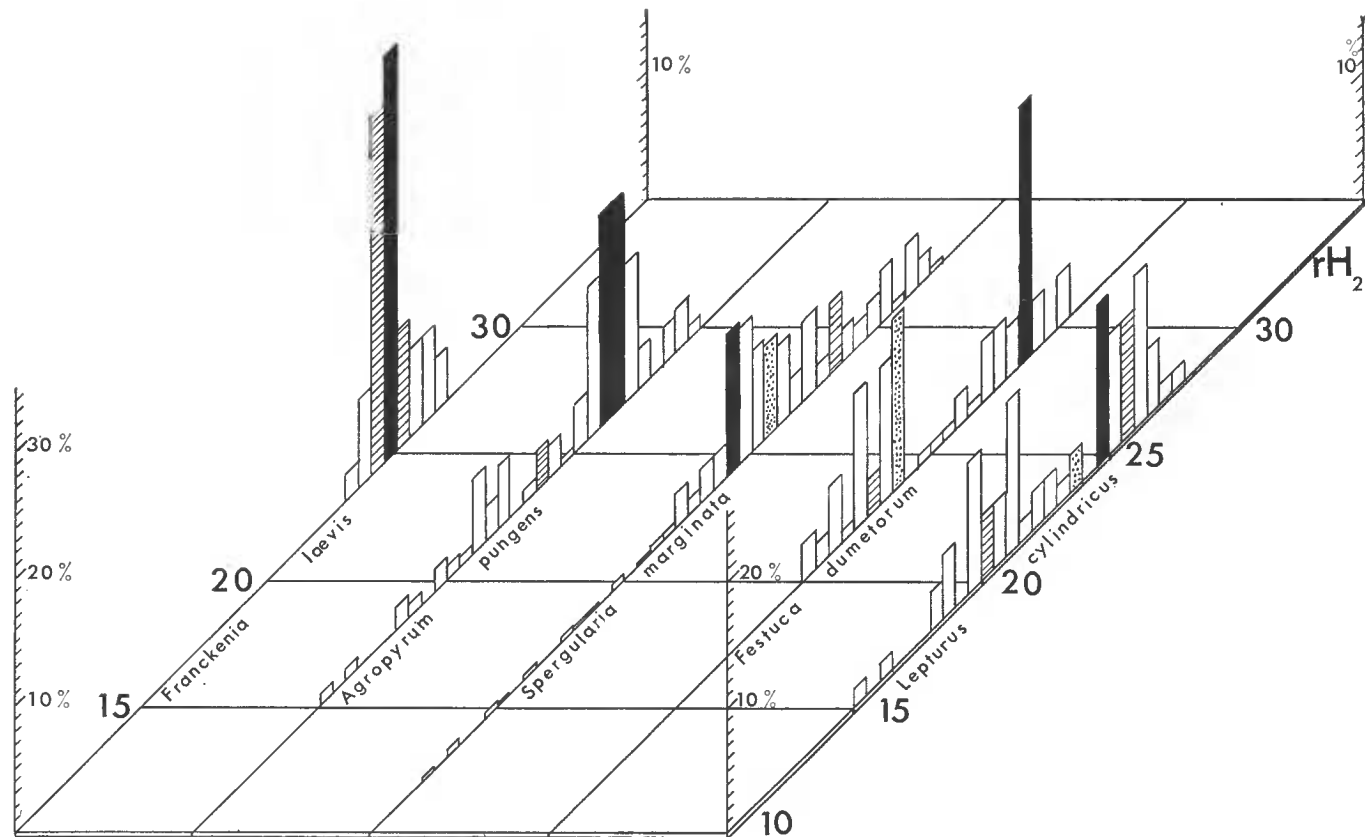


FIG. 1.

Dans les cinq premiers graphiques les intervalles hachurés correspondent aux quartiles ; complètement noirs au mode et en pointillé à la médiane.

Une fois établie la somme des fréquences (naturelles ou pondérées) de chaque valeur pour chaque espèce, il fut fait un pourcentage pour ensuite pouvoir comparer les fréquences des valeurs de rH2 entre les diverses espèces. C'est avec ces résultats que furent construits les histogrammes de chaque espèce.

La moyenne arithmétique varie entre 25,64 pour *Aster tripolium* et 17,20 pour *Spartina stricta*. Les valeurs absolues s'étendent de 10,25 pour *Spartina stricta* à 32,25 pour *Spergularia marginata* et *Limonium vulgare*.

Au niveau supérieur de la végétation, là où le sol est rocailleux et sableux, les moyennes arithmétiques du rH2 sont les plus élevées (25,19 pour le faciès sableux et 24,83 pour le faciès rocailleux).

Pour *Franckenia laevis* la moyenne arithmétique est de 24,89 ; cette espèce possède le plus petit semi-interquartile (0,5 unité), Q1 ayant une valeur de 24,25 et Q3 25,25. Mode et médiane sont confondus (24,75) et très proches naturellement de la moyenne arithmétique (24,89). La fréquence (33,3 %) qui correspond au mode est la plus élevée de toutes celles rencontrées ici. Les valeurs extrêmes étant de 23,25 et de 27,25 soit 4 unités de variation au maximum. *Franckenia laevis* vit donc dans des sols dont les valeurs du rH2 sont très voisines ; ce qui donne à cette espèce une faible amplitude écologique pour ce facteur avec un optimum très marqué à 24,75, c'est-à-dire pour un sol légèrement réducteur.

Pour l'*Agropyrum pungens* Q1 et Q3 sont nettement plus écartés que pour l'espèce précédente (23,75-26,75) ; le semi-interquartile étant de 1,5 ; la médiane (26,25) et le mode (26,50) sont très proches du troisième quartile ; les deux intervalles (26,25 et 26,75) qui ont même fréquence (16,6 %) correspondent au mode. La moyenne arithmétique (24,93) est très voisine de Q1 ; les valeurs élevées vont jusqu'à 29,75 et sont nombreuses et fortement groupées alors que les valeurs faibles (elles s'étalent jusqu'à 15,25) sont peu nombreuses et largement disséminées. La courbe présente donc une dissymétrie assez marquée ; l'*Agropyrum pungens* ayant une préférence nette pour les sols très aérés à fort rH2.

*Spergularia marginata* présente un intervalle entre Q1 et Q3 encore plus large que pour les précédentes espèces (24,25-28,25), le semi-interquartile étant donc de deux unités. Médiane et moyenne arithmétique sont très voisines (25,75-25,60) ; le mode correspond au premier quartile (24,25) et a pour fréquence 11,3 %. Il y a un grand étalement des valeurs faibles jusqu'à la valeur 12,25 donc sur plus de 12 unités de rH2 alors que les valeurs élevées se groupent sur quatre jusqu'à 32,5, les fréquences étant là par contre assez variables d'un intervalle à l'autre ; elles sont très faibles, moins de 1 % pour les sols peu, ou nettement réducteurs. L'allure générale de la courbe est très dissymétrique, les valeurs élevées du rH2 ayant de beaucoup les plus fortes fréquences (5 %), c'est donc encore une espèce dont les préférences vont vers les sols fortement aérés (16,2 % de teneur en air, valeur moyenne).

*Festuca dumetorum* est une des espèces qui possède le plus grand intervalle entre Q1 et Q3 (22,75-29,25), le semi-interquartile ayant la valeur maximum du groupe (3,25). Le mode (29,25) est confondu avec le troi-

	Nb mesures		Mini. absolu	Q1	Médiane	Semi- inter- quantile	Q3	Mode	fréquence du Mode	Moy. arith.	Maxi absolu	Teneurs en air
	valeurs naturelles	valeurs pondérées										
<i>Franckenia Laevis</i> .....	42	215	23,25	24,25	24,75	0,50	25,25	24,75	33,3	24,89	26,75	—
<i>Agropyrum pungens</i> .....	44	905	15,25	23,75	26,25	1,50	26,75	26,50	16,6	24,95	29,75	—
<i>Spergularia marginata</i> .....	136	1.367	12,25	24,25	25,75	2,00	28,25	24,25	11,3	25,60	32,25	16,2
<i>Festuca dumetorum</i> .....	39	1.225	20,25	22,75	23,75	3,25	29,25	29,25	20,4	25,38	30,75	18,2
<i>Lepturus cylindricus</i> .....	43	666	15,25	20,25	23,75	2,75	25,75	24,75	12,7	25,14	28,25	—
<i>Artemisia maritima</i> .....	5	125	—	—	—	—	—	—	—	23,00	—	—
<i>Salicornia fruticosa</i> .....	157	4.325	15,25	24,25	24,75	1,00	26,25	24,75	22,1	24,79	28,75	—
<i>Suaeda fruticosa</i> .....	54	1.315	18,75	21,75	25,75	2,85	27,50	27,25	12,9	24,83	30,25	—
<i>Inula crithmoides</i> .....	44	340	20,25	23,25	25,75	2,00	27,25	27,25	14,7	24,88	28,75	—
<i>Beta maritima</i> .....	1	5	—	—	—	—	—	—	—	28,80	—	—
<i>Cochlearia anglica</i> .....	39	305	12,25	22,25	22,75	0,75	23,75	22,25	18,0	22,55	27,75	—
<i>Juncus maritimus</i> .....	37	1.050	15,25	20,75	22,25	1,50	23,75	22,25	17,6	21,93	25,75	16,1
<i>Juncus gerardi</i> .....	28	1.575	15,25	20,75	24,25	2,25	25,25	24,75	17,5	22,67	25,75	15,5
<i>Triglochin maritimum</i> .....	94	2.451	12,25	19,75	23,25	2,50	24,75	24,75	11,0	21,90	30,75	14,4
<i>Carex extensa</i> .....	2	50	—	—	—	—	—	—	—	24,25	—	19,5
<i>Scirpus maritimus</i> .....	2	51	—	—	—	—	—	—	—	21,25	—	7,5
<i>Statice armeria</i> .....	163	3.055	12,25	23,25	24,75	1,50	26,25	24,75	14,1	24,83	30,25	19,5
<i>Aster tripolium</i> .....	147	1.426	11,75	24,25	26,75	2,00	28,25	27,75	9,6	25,64	32,25	15,9
<i>Plantago maritima</i> .....	89	1.235	11,75	22,75	25,25	2,75	28,25	28,25	8,9	24,84	31,75	17,7
<i>Limonium vulgare</i> .....	238	5.480	12,25	21,25	25,75	3,75	28,75	29,25	8,4	23,03	32,25	15,9
<i>Glyceria maritima</i> .....	267	8.840	11,25	22,25	25,25	3,00	28,25	24,75	8,6	24,54	32,25	15,5
<i>Obione portulacoides</i> .....	341	10.191	11,25	22,25	25,25	2,50	27,25	26,25	8,9	24,25	32,25	16,5
<i>Suaeda maritima</i> .....	171	1.775	17,25	24,25	25,75	2,00	28,25	25,25	12,1	25,39	30,75	17,3
<i>Salicornia herbacea</i> .....	166	2.790	14,25	21,25	24,75	3,00	27,25	27,25	13,4	23,90	31,75	13,5
<i>Spartina townsendi</i> .....	52	1.595	11,25	20,75	23,25	2,25	25,25	23,25	16,0	22,61	28,25	9,2
<i>Salicornia radicans</i> .....	144	5.150	11,25	15,75	18,25	4,75	25,25	15,25	10,4	19,76	30,25	12,7
<i>Spartina stricta</i> .....	243	6.693	10,25	15,25	16,75	2,50	20,25	15,25	9,7	17,20	25,25	8,5

sième quartile ; sa fréquence est de 20,4 % mais celles des valeurs voisines sont très faibles (4 %) alors que pour les rH2 compris entre 21 et 24 la fréquence est beaucoup plus élevée (environ 10 % en moyenne).

La moyenne arithmétique présente une valeur centrale (25,38) alors que la médiane (23,75) se rapproche beaucoup du premier quartile. Par suite de la grande valeur du semi-interquartile il y a peu d'étalement des mesures en dehors de Q1 et Q3 ; la répartition totale se situant entre 20 et 31. Un regroupement différent (les intervalles étant d'une unité) régularise beaucoup les fréquences. Les courbes de rH2 ainsi établies présentent deux modes dont les fréquences sont assez voisines ; le mode ayant la fréquence la plus élevée (25,3 %) correspondant à la valeur de rH2 : 23,50 ; alors que l'autre mode (fréquence 24,4 %) reste lié à l'ancienne valeur du mode de la première courbe (29,50). Cette espèce est donc assez indifférente puisqu'on la trouve avec des fréquences non négligeables aussi bien pour des sols nettement réducteurs que pour des sols bien aérés (18,2 %), la courbe présentant deux maximum bien nets séparés de 5 unités.

Pour le *Lepturus cylindricus* le mode est de 24,75 avec comme fréquence 12,75 % ; l'étalement entre Q1 (20,25) et Q3 (25,75) donne un semi-interquartile élevé de 2,75. L'étalement total des valeurs se fait entre 15,25 et 28,25 ; on constate dans la succession des fréquences d'assez fortes irrégularités. *Lepturus* est une espèce assez peu liée au rH2 puisque la courbe des fréquences du rH2 des sols où elle vit présente deux maximum assez étalés et que la fréquence du mode est peu différente de celles des valeurs voisines. Il faut cependant remarquer que ce *Lepturus* est l'espèce qui présente les valeurs les plus basses pour ce groupe.

Un trop petit nombre de mesures rassemblées sur *Artemisia maritima* ne permet pas une synthèse statistique ; notons simplement que la valeur moyenne du rH2 des sols où vit cette espèce est de 23.

Les trois espèces vivant dans le faciès rocaillieux et pour lesquelles j'ai pu faire une étude statistique ont toutes trois leur moyenne arithmétique très proche de 25,0 (24,83 moyenne générale) : *Salicornia fruticosa* 24,79 ; *Suaeda fruticosa* 24,83 ; *Inula crithmoides* 24,88.

Le semi-interquartile pour *Salicornia fruticosa* est très faible (une unité) : Q1 24,25 et Q3 26,25. Le mode et la médiane (24,75), presque confondus avec la moyenne arithmétique (24,79), sont très proches du premier quartile. La fréquence pour le mode est élevée : 22,1 %. Les valeurs inférieures à Q1 (jusqu'à 15,25) ont de très faibles fréquences assez régulièrement réparties ; au-dessus de Q3 les valeurs sont très peu étalées puisqu'elles ne s'étendent que jusqu'à 28,75. Ces caractéristiques donnent une courbe régulière unimodale qui, vu le faible écart entre Q1 et Q3 et la fréquence des valeurs (moyenne 14,2 %), permet de conclure à une très grande spécificité correspondant donc à des sols équilibrés, où la pression de H2 l'emporte légèrement sur celle de O2.

*Suaeda fruticosa* est pour les trois espèces de ce groupe celle qui possède le plus grand semi-interquartile (2,85), les valeurs de Q1 et Q3 étant respectivement de 24,75 et de 27,50. Le mode dont la fréquence est de 12,9 % a comme valeur de rH2 27,25, extrêmement proche du quartile supérieur. La moyenne arithmétique (24,83) a une position centrale alors

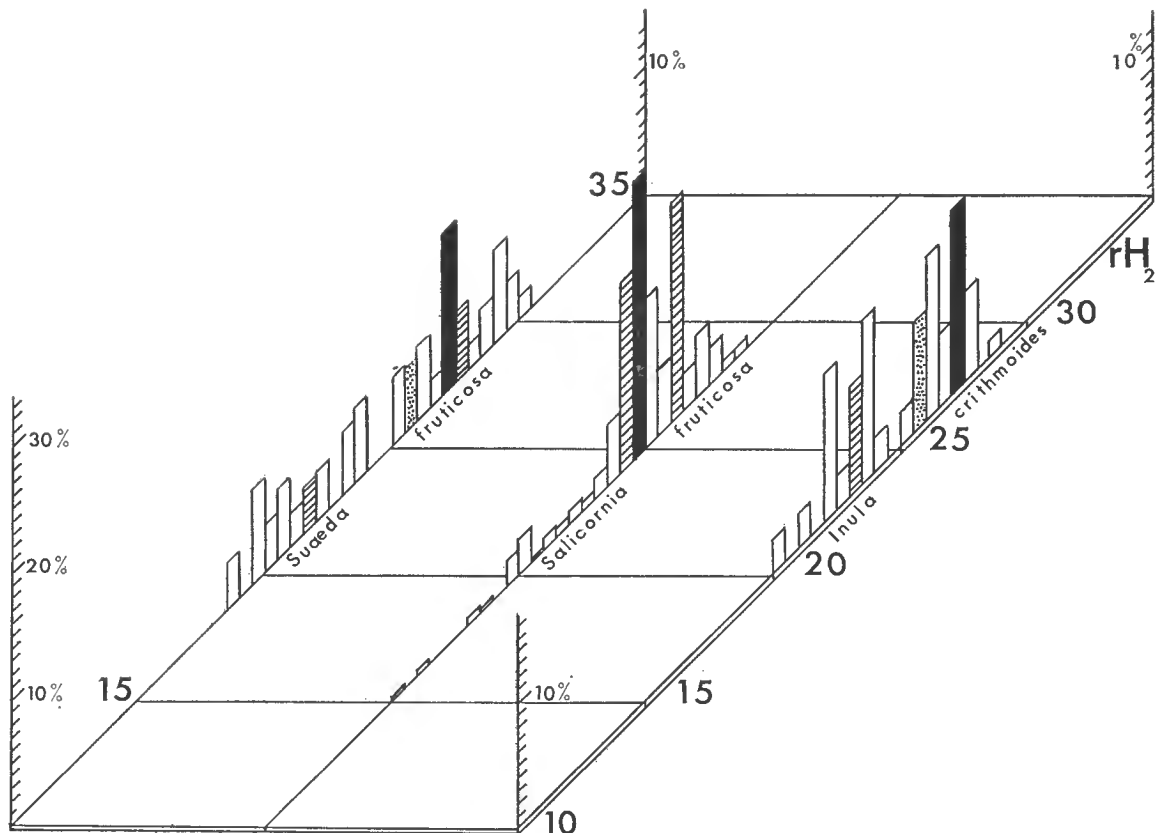


FIG. 2.

que la médiane (25,75) est assez déportée vers les valeurs les plus fortes. L'étalement total est assez faible puisqu'il ne varie que de 18,75 à 30,25. Les fréquences sont très variables d'un « intervalle » à un autre même quand l'intervalle est de une unité. La *Suaeda fruticosa* marque cependant une préférence assez nette pour les rH2 compris entre 25 et 29,5, c'est-à-dire pour des sols oxydants.

*Inula crithmoides* possède un semi-interquartile qui est un peu moins important que pour l'espèce précédente (2 unités) Q1 23,25 et Q3 27,25. Le mode est confondu avec le troisième quartile et sa fréquence est de 14,7 % mais le maximum de la courbe est beaucoup moins distinct que pour les espèces précédentes. Médiane (25,75) et moyenne arithmétique (24,88) ont des valeurs presque identiques à celles de *Suaeda fruticosa*. Mais l'étalement des valeurs est nettement plus réduit (9 unités entre 20 et 29). Groupées par intervalles de 0,5 unités les diverses valeurs du rH2 présentent des fréquences très variables ; rassemblées par intervalles de une unité la courbe devient beaucoup plus régulière, bi-modale ; les deux modes (à 23,50 et à 27,50) ont alors tous deux même fréquence : 22,0 % ; un plus grand nombre de mesures comblerait l'intervalle entre les deux modes.

Une mesure de rH2 concernant *Beta maritima* a une valeur très élevée voisine de 28,80. Dans l'ensemble, ces espèces des faciès sableux et rocailloux vivent surtout dans des stations où le rH2 possède des valeurs élevées et qui correspondent à des sols neutres ou légèrement oxydants. *Lepturus cylindricus* peut être considéré comme un terme de passage avec les espèces du groupe qui, quoique vivant dans un niveau élevé, se trouvent cependant dans un milieu très humide.

Six espèces vivent dans le milieu régulièrement détrempé du haut shore : quatre espèces y ont été particulièrement étudiées : *Cochlearia anglica*, *Juncus maritimus*, *Juncus gerardi* et *Triglochin maritimum*.

La *Cochlearia anglica* est parmi toutes les espèces étudiées ici une de celles qui a l'écart le plus faible : entre Q1 et Q3 (22,25-23,75) 1,5, soit 0,75 pour le semi-interquartile. La valeur du mode est confondue avec Q1 ; la moyenne arithmétique étant très voisine (22,55). La valeur de la médiane est de 22,75. Ce groupement donne donc une courbe ayant un maximum très bien marqué ; la fréquence du mode est de 18 % des mesures. Les valeurs inférieures au premier quartile sont très étalées sur plus de 10 unités (jusqu'à 12,25) alors que celles supérieures au troisième quartile sont réunies sur 4,25 unités, c'est-à-dire jusqu'à 27,75. *Cochlearia anglica* est donc une espèce à spécificité étroite préférant les sols ayant un rH2 variant entre 22 et 24 et qui sont de ce fait assez nettement réducteurs.

Pour *Juncus maritimus* l'écart entre Q1 (20,75) et Q3 (23,75) donne un semi-interquartile de 1,5 qui est donc le plus faible après celui de *Cochlearia anglica*. Mode (fréquence 17,6 %) et médiane ont même valeur (22,25) très voisins de la moyenne arithmétique (21,93). Les valeurs inférieures au premier quartile s'étagent sur six unités (jusqu'à 15,25) alors qu'au-dessus du troisième quartile les mesures s'étendent sur une unité un quart (jusqu'à 25,75 seulement). Ceci crée une certaine dissy-



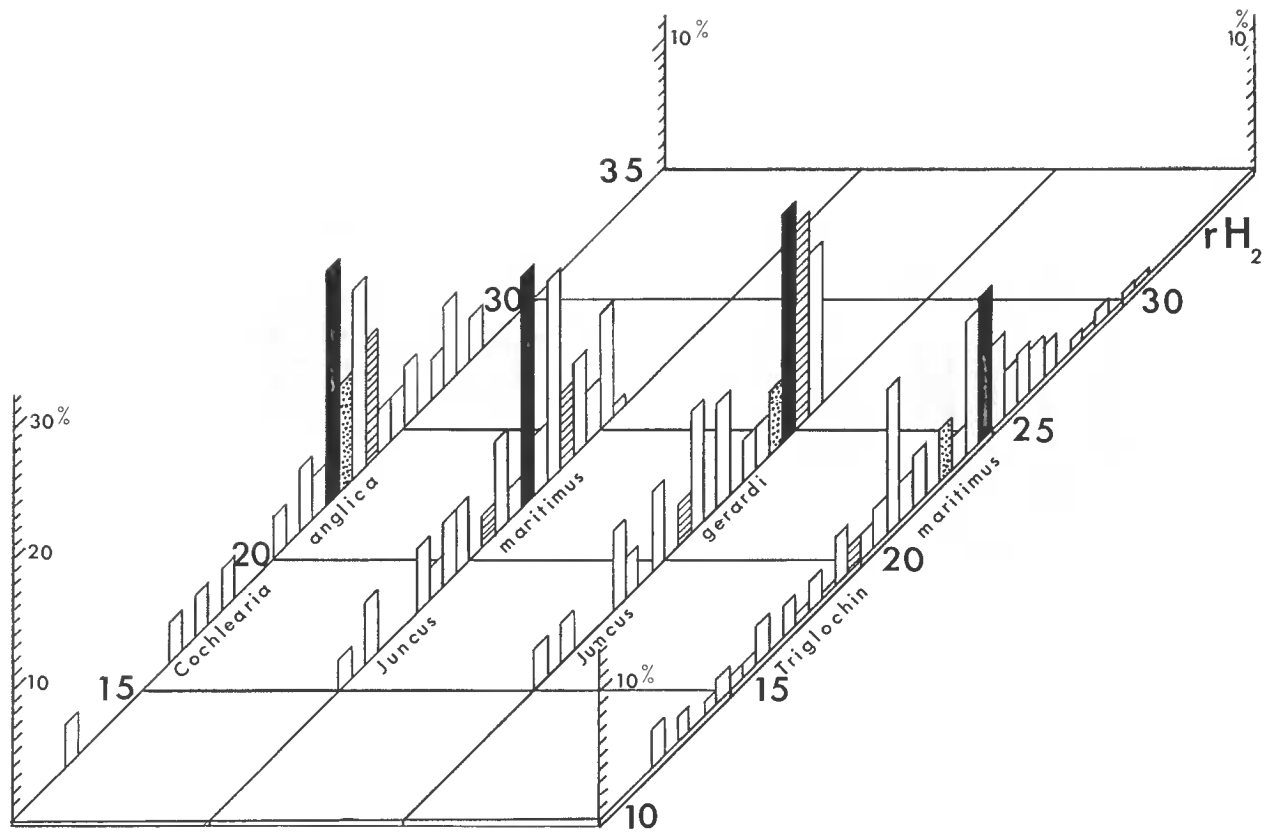


FIG. 3.

métrie dans la courbe : le *Juncus maritimus* absent des sols ayant un rH2 supérieur à 26 est fréquent dans les sols nettement réducteurs (rH2 21-25) ; dans les sols asphyxiés (rH2 < 20 ; teneur en air 16,1 %) sa fréquence redevient faible.

*Juncus gerardi* possède un semi-interquartile de 2,25 très nettement plus élevé que pour les espèces précédentes Q1 étant de 20,75 et Q3 de 25,25 ; la moyenne arithmétique (22,67) est la valeur la plus élevée des espèces de ce groupe. Médiane (24,25) et mode (24,75 ; fréquence 17,5 %) très voisines sont également très proches de Q3. Les valeurs inférieures à la médiane sont très variables d'un intervalle à l'autre ; groupées par intervalles d'une unité elles forment une courbe unimodale plus régulière extrêmement dissymétrique puisque l'intervalle ayant la valeur la plus élevée (25,50) contient le mode et aussi le troisième quartile, et que d'autre part il y a un relativement grand étalement des valeurs inférieures au premier quartile entre 15 et 20,75. Au point de vue rH2 ces deux *Juncus* présentent une certaine analogie puisqu'ils ont exactement même étalement des mesures, mais la dissymétrie de la courbe est plus accentuée pour *J. gerardi*. Le sommet de la courbe de fréquence pour cette espèce (valeur du rH2 = 25,25) étant nettement plus marqué que pour *Juncus maritimus* (valeur rH2 = 22,25), on peut conclure que *Juncus gerardi* préfère les stations plus oxydantes que *J. maritimus*, quoique la moyenne des teneurs en air soit plus faible 15,5.

Pour *Triglochin maritimum* la moyenne arithmétique 21,90 est presque la plus faible du groupe. Q1 (19,75) et Q3 (24,75) étant espacés de 5 unités le semi-interquartile est donc de 2,5. La médiane se place à 23,25 ; le mode a même valeur que Q3 avec une fréquence de 11,10 %. Les résultats inférieurs au premier quartile sont disséminés sur 7,75 unités ; les fréquences pour chaque intervalle étant presque constantes aux environs de 2 % alors que pour les valeurs supérieures à Q3 la fréquence de chaque intervalle diminue de 7 % à 0 % très rapidement jusqu'à 30,75 ; mais la position de Q1 et Q3 font de cette espèce une plante préférant les sols réducteurs à teneur en air faible (14,4 %).

Deux autres espèces sont à ranger aussi dans ce groupe : *Carex extensa* et *Scirpus maritimus*. La moyenne des valeurs du rH2 trouvé pour ces espèces est respectivement aux environs de 24,25 et de 21,25. Pour ces deux espèces les valeurs moyennes des teneurs en air sont très différentes : *Scirpus* moins de 7,5 % ; 19,5 % pour le *Carex* ; pour le *Triglochin* cette valeur est de 14,4 ; pour *Juncus gerardi*, de 15,5 et de 16,1 pour *Juncus maritimus*. La moyenne générale pour ces cinq espèces de ce groupe s'établit aux environs de 15,2, ce qui est la valeur moyenne la plus faible après celle des espèces du niveau le plus bas et que l'on verra en dernier.

Les espèces réunies dans le quatrième groupe : *Statice armeria*, *Aster tripolium*, *Plantago maritima*, *Limonium vulgare*, *Glyceria maritima*, *Obione portulacoides*, sont celles qui se trouvent dans la partie moyenne du schorre ; elles sont souvent immergées mais peuvent être parfois deux semaines sans être recouvertes par la marée ; le sol est donc encore très largement aéré : en moyenne plus de 16,7 % en volume.

*Statice armeria*, dont la moyenne arithmétique est de 24,83, est, pour les six espèces réunies ici, celle dont l'intervalle entre Q1 (23, 25) et Q3 (26,25) est le plus faible (trois unités), ce qui donne pour le semi-interquartile la valeur de une unité et demi; mode (fréquence 14,1 %) et médiane ont même valeur (24,75) presque confondue avec la moyenne arithmétique, ce qui impose une bonne symétrie à cette courbe, du moins pour la partie médiane, car les valeurs inférieures au premier quartile sont très étalées sur plus de dix unités (jusqu'au rH2 = 12,25) avec des fréquences d'environ une unité et demi alors que les valeurs supérieures au troisième quartile sont groupées sur moins de cinq unités (jusqu'à 30,25) et ont presque toutes des fréquences comprises entre 3 et 4 %. Cette espèce vit donc de préférence dans les sols très légèrement réducteurs, quoique à forte teneur en air 19,5 %.

La moyenne arithmétique des valeurs du rH2 des sols où vit *Aster tripolium* est nettement supérieure à toutes les autres de ce groupe (25,64); Q1 (24,25) et Q3 (28,25) sont donc écartées de quatre unités, ce qui donne un semi-interquartile de deux unités. Mode (27,75), fréquence 9,6 % et médiane (26,75) ont des valeurs intermédiaires entre Q1 et Q3; les fréquences étant toutes, sauf une, comprises entre 5 et 10 % alors que les résultats inférieurs à Q1 ou supérieurs à Q3 ont tous des fréquences inférieures à 4 % sauf trois. En dessous de Q1 les mesures de rH2 s'étalent sur près de 13 unités jusqu'à 11,5 et au-dessus de Q3 sur 4 unités jusqu'à 32,50. Cet ensemble de caractéristiques montre qu'au point de vue rH2 cet *Aster* est assez tolérant et peut vivre à la fois dans des sols très asphyxiés ou bien aérés; sa préférence va à des sols ayant un rH2 légèrement supérieur à la moyenne et en conséquence un peu oxydants à teneur en air assez élevée 15,9 %.

La moyenne arithmétique des valeurs du rH2 pour *Plantago maritima* est de 24,84; le semi-interquartile de 2,75 unités (Q1 22,75 et Q3 28,25); la médiane (25,25) est très proche de la moyenne arithmétique. Le mode, fréquence (8,9 %) correspond aux valeurs 28,25 et 30,25. Les mesures en-dessous du premier quartile sont très étalées (jusqu'à 11,75) avec des fréquences très faibles aux environs de 0,5 unité en moyenne); au-dessus de Q3 les résultats sont groupés sur 3,5 unités et vont seulement jusqu'à la valeur 32 du rH2. Mais il faut remarquer que pour cette espèce les fréquences des différentes valeurs sont très variables et il n'y a pas de maximum net: six valeurs ont sensiblement même fréquence entre 7 et 9 % et sont séparées par d'autres qui ont des fréquences de 1 ou 2 %. La courbe pondérée qui suit ordinairement fidèlement la courbe non pondérée, pour les espèces étudiées précédemment est ici très différente; la courbe non pondérée présentant un maximum très net vers 22,50. La courbe présentée avec des intervalles plus grands (une unité) montre encore quelques irrégularités dans la répartition des fréquences des différentes valeurs et permet de préciser que cette espèce est peu fréquente dans les sols nettement réducteurs et que au contraire elle est indifférente pour les rH2 supérieurs, vivant aussi bien dans les sols légèrement réducteurs que faiblement oxydants; la teneur en air de ces sols étant assez élevée 17,7 %.

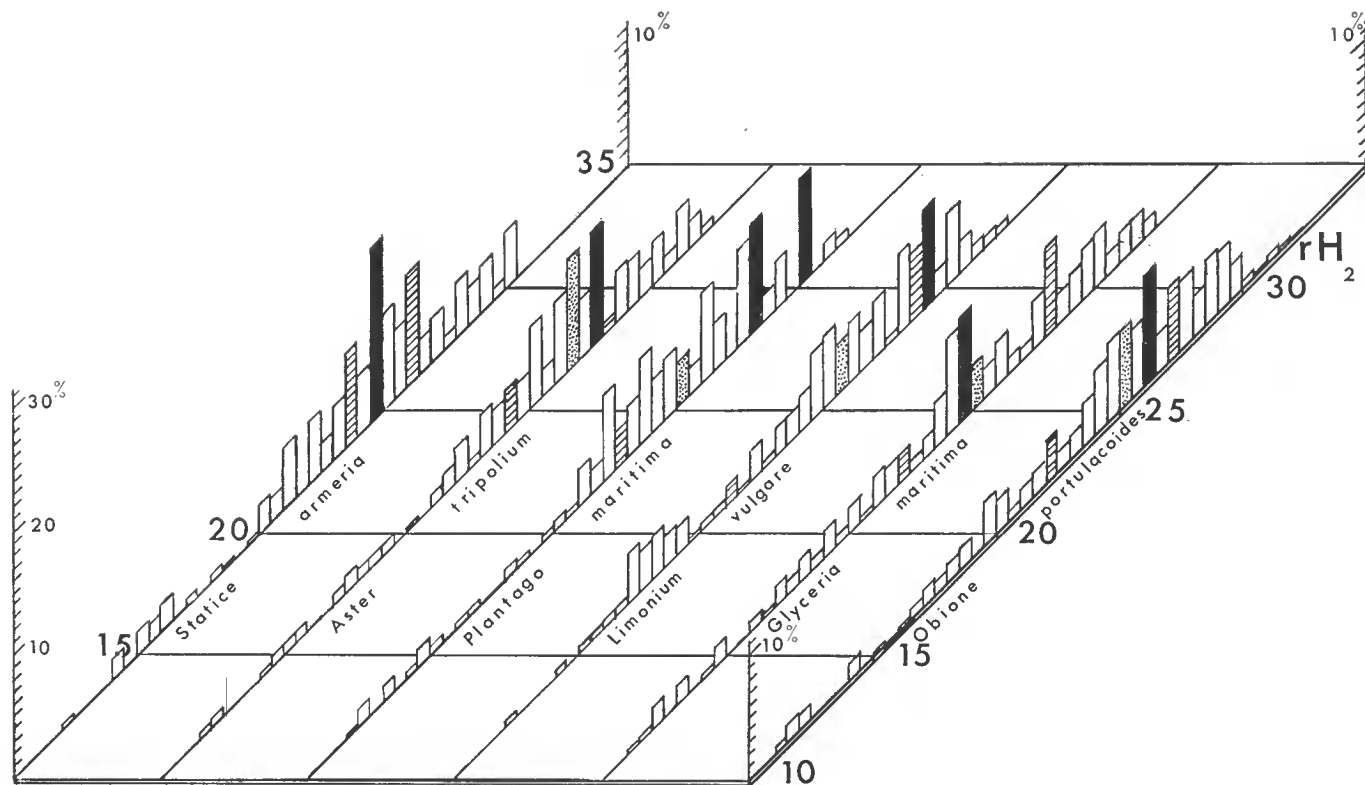


FIG. 4.

Les trois dernières espèces de ce groupe ont des résultats plus faibles en ce qui concerne leur moyenne arithmétique et deux espèces ont un très grand étalement des valeurs.

*Limonium vulgare* a comme moyenne arithmétique 23,03, c'est la valeur la plus faible de toutes les espèces de ce groupe ; seules les espèces du groupe des stations humides possèdent des moyennes arithmétiques plus basses. Q1 (21,25) est à sept unités et demi de Q3 (28,75), ce qui fait (3,7) pour le semi-interquartile. La médiane a pour valeur 25,75, le mode est supérieur au troisième quartile (29,25) et a pour fréquence 8,4 %. Le grand espacement de la moyenne arithmétique, de la médiane et du mode indique un étalement très important des mesures du rH2 qui vont de 12 à 32,5.

La courbe non pondérée, nettement unimodale (mode 24,75) est très régulière et est fort différente de la courbe pondérée qui semble présenter deux masses modales l'une entre 17 et 19 et ayant une fréquence de 3 % et une autre entre 24,5 et 30,5. Il en résulte un grand étalement des valeurs de rH2 pour les sols où vit *Limonium vulgare* ; vis-à-vis du rH2 cette espèce est peu exigeante, comme le *Plantago maritima*, mais avec des valeurs un peu plus élevées, c'est-à-dire que peu fréquente dans les sols nettement réducteurs elle est indifférente au-dessus, pour les sols peu réducteurs, neutres et moyennement oxydants ; la teneur en air moyenne étant de 15,9 %.

Pour *Glyceria maritima* 6 unités séparent Q1 (22,25) de Q3 (28,25), le semi-interquartile étant donc de 3 unités. Médiane (25,25), mode (24,75) avec une fréquence de 8,6 et moyenne arithmétique (24,54) se trouvent extrêmement rapprochées ; mais le maximum est assez peu marqué les valeurs du rH2 s'étalant largement de 11,25 à 32,25, soit sur plus de 20 unités. La fréquence entre 11,25 et Q1 étant pour chaque intervalle presque toujours inférieur à 2 %, alors que au-dessus de Q3, de 28,25 à 32,50, les résultats ont des fréquences oscillant autour de 3 %. Il en résulte que pour la *Glyceria maritima* si l'étalement des valeurs du rH2 est très grand c'est tout de même sur 7 unités seulement entre 23,50 et 30,50 que se place la grande majorité des mesures (63,3 %). La *Glyceria maritima* préfère nettement les valeurs élevées du rH2, ce qui correspond à la moyenne des teneurs en air des sols où vit cette espèce (15,5). Pour le facteur rH2 les exigences de cette espèce se rapprochent beaucoup de celles de *Limonium vulgare*.

La dernière espèce à considérer dans ce groupe d'espèces vivant dans les stations intermédiaires est l'*Obione portulacoides* qui dans les estuaires des côtes de la Manche occidentale et de la Bretagne du Nord occupe de très grandes surfaces. La moyenne arithmétique des valeurs du rH2 du sol où vit l'*Obione* est de 24,25 ; Q1 (22,25) et Q3 (27,25) séparés de 5 unités il en résulte donc un semi-interquartile de 2,5. La médiane (25,25) est à une unité de la moyenne arithmétique (24,25) et du mode 26,25 (fréquence 8,9), cette disposition des valeurs caractéristiques donne pour la partie centrale de la courbe une bonne symétrie mais également un aplatissement assez marqué de la courbe qui ressemble à celles des espèces précédentes : *Limonium vulgare*, *Plantago maritima* et *Glyceria maritima*.

L'étalement (11,0 unités) des valeurs étant beaucoup plus marqué au-dessous du premier quartile (jusqu'à 11,25) qu'au-dessus du troisième quartile (5 unités jusqu'à 32,5). On est donc là en présence d'une espèce qui n'accepte pratiquement pas les sols asphyxiés mais qui est indifférente pour les sols dont le rH2 est voisin de la neutralité et dont la teneur en air est de 16,5 %.

La moyenne arithmétique des valeurs du rH2 du sol où vivent ces espèces est très élevée (24,52) presque égale à celle de la station à *Salicornia fruticosa*. Il semble donc que ce soit au-dessous d'une durée déjà très appréciable d'inondation que le rH2 des sols baisse considérablement. Ceci confirme certaines remarques déjà faites par S. ADMINE sur des sols inondés ainsi que celles de KONONOVA sur différents types d'irrigation.

Les cinq dernières espèces à passer en revue et qui vivent dans la haute slikke montrent, en ce qui concerne le rH2, des exigences très diverses depuis celles des stations sèches jusqu'à celles les plus humides.

*Suaeda maritima* possède, pour ce groupe, les valeurs les plus élevées : moyenne arithmétique est de 25,39 ; les deux quartiles (Q1 24,25 et Q3 28,25) assez rapprochés donnent le plus petit semi-interquartile (2 unités). Mode 25,25 (fréquence 12,1 %) et médiane 25,75 encadrent la valeur de la moyenne arithmétique (25,39). Malgré les 171 mesures la courbe n'est pas parfaitement régulière et même entre Q1 et Q3 on trouve des valeurs qui, avec une fréquence de 11 % sont jointives à d'autres qui ont moins de 1 %. La courbe des fréquences se trouverait très régularisée si l'on prenait des intervalles de une unité. Comme pour presque toutes les espèces étudiées ici il y a étalement des valeurs au-dessous de Q1 (5,5 unités) jusqu'à 17,25 avec des fréquences tournant autour de 1 %. Les résultats sont au contraire assez groupés au-dessus du troisième quartile (2,5 unités) jusqu'à 30,75 avec des fréquences voisines de 4 %. La teneur en air est proche de 17,3 % en volume pour les sols où vit *Suaeda maritima*. Comme pour les dernières espèces du groupe précédent cette espèce est surtout présente dans les sols où le rH2 est neutre.

*Salicornia herbacea* dont les beaux peuplements vivent dans un milieu plus humide que *Suaeda maritima* (teneur en air 13,5 %) présente par rapport à l'espèce précédente un décalage de trois unités environ vers les valeurs faibles : Q1 (21,25) et Q3 (27,25) ont un semi-interquartile de trois unités ; la médiane 24,75 assez proche de la moyenne arithmétique (23,90) donne une allure assez régulière à la courbe ; régularité que rompt la place du mode (fréquence 13,4 %) confondu avec le troisième quartile (27,25). L'étalement jusqu'à 14,25 des valeurs inférieures au premier quartile (27,25) est nettement plus faible que pour les espèces précédemment étudiées (7,25 unités) les résultats au-dessus du troisième quartile ne s'étendant que sur 4,75 unités (jusqu'à 32). Les fréquences s'étagent aussi bien au-dessous de Q1 qu'au-dessus de Q3 de 4 à 0 %. Le décalage du rH2 vers les valeurs faibles place *Salicornia herbacea* parmi les espèces préférant les sols réducteurs ce qui correspond bien d'ailleurs avec la teneur en air qui est assez faible (valeur moyenne 13,5 %).



Les résultats obtenus avec *Spartina townsendi* confirment les indications déjà publiées en 1965. C'est-à-dire que le mode et la médiane (23,25) ont une valeur très proche de la moyenne arithmétique (22,61) ; Q1 (20,75) et Q3 (25,25) présentent un semi-interquartile de 2,25 ; la répartition des fréquences de ces valeurs donne une courbe à peu près symétrique ; mais la fréquence est très variable d'un intervalle à l'autre ; ainsi un rH2 (26,25) qui correspond à plus de 14 % des mesures est voisin d'autres qui n'ont pas 2 % de fréquence. La courbe faite avec des intervalles de une unité atténuerait beaucoup cette irrégularité qui est due au petit nombre de mesures effectuées (51). L'étalement des valeurs en-dessous du premier quartile (jusqu'à 11,25) est important (9,75 unités) et les fréquences varient de 0 à 4 %. Les résultats supérieurs au troisième quartile étant, comme toujours, très groupés ; ici sur 3,25 unités jusqu'à 28,5. Les fréquences étant de l'ordre de 2 à 3 % (sauf une qui a 14 %). La teneur en air étant au-dessous de 10 % (9,2) est l'une des plus faibles avec celle du *Souchet* et de *Spartina stricta*. C'est une espèce des sols nettement réducteurs et qui prospère bien dans les terres assez fortement asphyxiées.

*Salicornia radicans* a comme moyenne arithmétique (19,75) une des plus basses valeurs avec celle de *Spartina stricta* (17,20). Pour *Salicornia radicans* le semi-interquartile est de 4,75, ce qui est de beaucoup la valeur la plus élevée rencontrée pour toutes les espèces étudiées ici ; Q1 étant de 15,75 et Q3 de 25,25. La médiane se place à 18,25 mais ici pour cette espèce le mode (fréquence 10,4 %) est inférieur au premier quartile (15,25) cela ne se retrouve dans aucune autre espèce. Ici aussi les valeurs inférieures à Q1 sont peu étalées (4,25 unités jusqu'à 11,25) avec une fréquence très faible 1 % ; pour les supérieures à Q3 l'étalement se fait sur 5 unités jusqu'à 30,25, mais avec des fréquences dont la moyenne est aux environs de 2 %. Ce sont surtout les valeurs faibles (autour du premier quartile) qui ont les plus forts pourcentages alors que c'était pour toutes les autres espèces l'inverse qui se produisait. L'histogramme fait avec des intervalles de une unité accentue beaucoup ce maximum entre 15 et 17. On peut donc en conclure que cette espèce est liée surtout aux sols exclusivement asphyxiés (teneur en air 12,7) fortement réducteurs.

Pour *Spartina stricta*, la dernière espèce examinée, la moyenne arithmétique est de beaucoup la plus basse (17,20) ; Q1 et Q3 respectivement de 15,25 et de 20,25 donnent un semi-interquartile de 2,5 unités. Le mode confondu avec le premier quartile (15,25) et la médiane (16,75) sont déportés vers les valeurs faibles par rapport à la moyenne arithmétique. Les résultats extérieurs aux deux quartiles se répartissent également sur 5,25 unités. C'est encore une espèce préférant les sols fortement réducteurs très asphyxiés (8,5 % de teneur en air).

En résumé, si l'on établit pour chacune des espèces les courbes de fréquences possibles en fonction du rH2 du sol et qu'on les compare, on trouve cinq familles de courbes qui correspondent assez bien aux groupements établis précédemment grâce à la répartition géographique.

Les trois espèces : *Franckenia laevis*, *Agropyrum pungens* et *Spergularia marginata* ont un maximum très bien marqué aux environs du rH2 : 25 ;



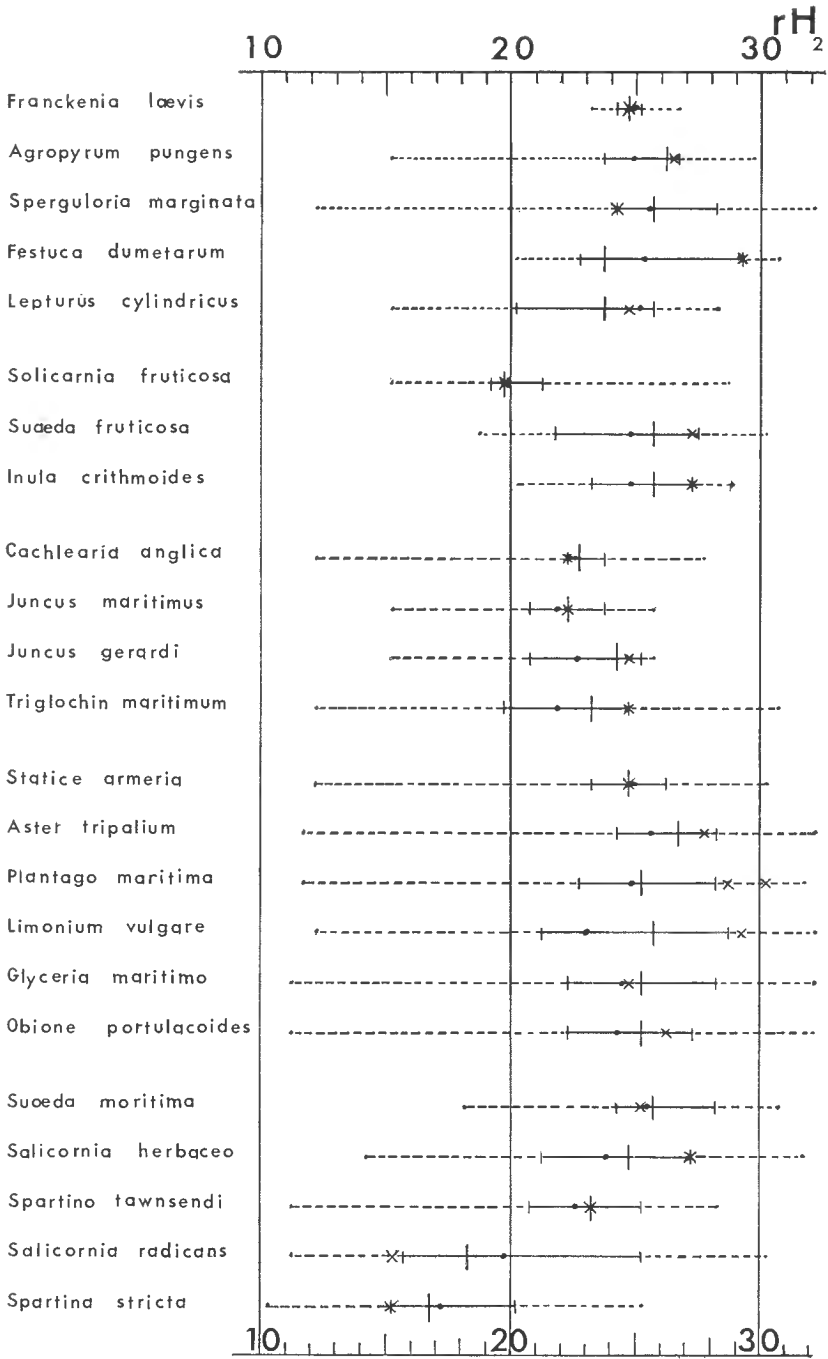


FIG. 6.

la courbe correspondant à *Festuca dumetorum* devra être précisée ultérieurement car elle présente une forme bi-modale trop accusée et le *Lepturus cylindricus* a une courbe qui se rapproche de celles des espèces des groupements humides.

Les trois espèces du second groupe, faciès élevé rocailleux : *Salicornia fruticosa*, *Inula crithmoides* et *Suaeda fruticosa* ont des courbes nettement plus aplaties mais leur enveloppe s'inscrit entièrement dans celle des espèces du groupe précédent, leur écologie est d'ailleurs assez voisine.

Les courbes des espèces des stations humides du schorre ont toutes un maximum très bien marqué mais il est nettement décalé par rapport à ceux des groupes précédents, le maximum étant aux environs du rH2 : 22,25 ; *Juncus Gérardi* qui a un maximum plus élevé devrait se trouver parmi les espèces du faciès sableux.

Les six espèces de la station intermédiaire ont des courbes extrêmement voisines, très aplaties leurs maximums étant encore très élevés. A ce groupe il faut adjoindre deux espèces de la haute slikke, *Suaeda maritima* et même *Salicornia herbacea*, dont les courbes de fréquences sont très voisines.

La dernière famille étant surtout caractérisée par des espèces ayant un rH2 extrêmement bas le maximum se trouvant aux environs de 17 (*Spartina stricta* et *Salicornia radicans*) ; *Spartina townsendi* se place en position intermédiaire entre les deux derniers groupes.

De toute cette étude il résulte que c'est le degré d'asphyxie qui influe surtout quant à la répartition de ces espèces, l'alternance des marées permettant, même pour les espèces de niveaux assez inférieurs, un degré d'aération suffisant pour que le rH2 de leurs sols ne soit pas très bas.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ADMINE, S., 1962. — Revue des recherches sur les potentiels redox des sols de paddy au Japon. *Sol. Sc.*, **94** I B, pp. 6-13.
- CORILLON, R., 1953. — Les halipèdes du Nord de la Bretagne. *Rev. gén. Bota.*, **60**, n° 716 et suivants.
- JACQUET, J., 1949. — Recherches écologiques sur le littoral de la Manche. *Encycl. biogeogra. et écol.*, N.V. Le Chevalier, Paris.
- KONONOVA, M., 1932. — Oxidation-reduction potentials as a method of characterizing conditions of soil under various methods of irrigation. *Pedology* (U.R.S.S.), **27**, pp. 365-376.
- MASSART, J., 1907. — Essai de géographie botanique des districts littoraux et alluviaux de la Belgique. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belge*, **44**, p. 59.
- TURMEL, J.-M., 1964. — Le rH2 du sol et la répartition des végétaux halophiles dans les prés salés. Note préliminaire. *Bull. Mus. Hist. nat.*, 2<sup>e</sup> sér., **36**, n° 5, 1964 (1965), pp. 703-706.